

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920061151840

UDC _____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

集成于三坐标测量机的激光三角法
测量系统

The measurement system of laser triangulation
integrated with CMM

出晓岚

指导教师姓名: 黄 元 庆 教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 5 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

随着科学技术的不断发展,物体三维轮廓的测量技术得到了飞速的发展,三维造型技术已被广泛应用于模具的设计、方案评审、自动化加工制造及管理维护等各方面。科学研究和工业生产有很多情况需要快速准确地将原有实物转化为计算机上的三维数字模型。目前国内外已经研究出了多种三维轮廓的测量方法,其中激光三角法测量是目前光学测量应用最广泛的方法之一。而运用最为广泛的接触式测量设备是三坐标测量机(Coordinates Measurement Machine, CMM)。

激光三角测量法具有非接触、不易损伤表面、材料适应性广、结构简单、抗干扰能力强、测量速度快等的优点;接触式坐标测量机不可避免地存在对被测物表面造成损伤,同时接触力造成的测量误差使得不能用于测量柔性物体,而且这种方法的测量速度慢、操作也比较繁琐。

本文的测量系统是集成于三坐标测量机的激光三角测量法测量系统。通过三坐标机的精确移动来对物体表面进行扫描,获取物体三维曲面信息,所采集的图像信息通过 Matlab 进行图像处理重构出各个方向的曲面。

本文主要研究特色及创新点如下:

1. 在研究了激光三角测量法和三坐标测量机的基础上,设计了集成于三坐标测量机的激光三角测量法测量系统。该系统提高了测量的效率;扩展了原有的测量对象和范围;保留了二者原有的抗干扰、高精度、测量速度快等测量特性;实现对物体一次装夹多角度测量;
2. 采用 Visual Basic 为开发工具设计软件测量界面,通过调用摄像机的函数和三坐标测量机的 PC-DMIS 软件来实现测头移动和图像采集的自动化,提高了测量的效率;
3. 提出了与本系统相应的标定方法,采用一个三次数学模型表征图像坐标和世界坐标之间关系,无需推导物像之间的几何关系,并且考虑到镜头畸变的影响,能同时对 X, Y, Z 三个方向进行标定,弥补了先前很多仅对深度方向(Z 方向)进行标定的方法的不足。

本文的主要内容如下:

1. 阐述了课题的研究内容和意义，对接触式、非接触式测量尤其是激光三角测量法和三坐标测量机的国内外研究进展进行了解研究；
2. 在研究了激光三角测量法和三坐标测量机的基础上，设计了将集成于三坐标测量机的激光三角测量法测量系统。
3. 采用 VB 为开发工具进行本测量系统的软件测量系统界面的设计，并运用该界面进行标定实验和物体表面测量实验的图像采集；
4. 以 Matlab 为图像分析工具，分析了各种激光线光心提取方法，比较了各种方法的优缺点，对实验图像进行图像处理；
5. 提出了与本系统相应的标定方法，并对该系统进行标定；
6. 运用本系统进行实验，对物体进行表面的测量和重构。通过设计的软件测量界面对物体进行三维数据的提取即图像的采集，经 matlab 进行图像处理得到物体表面的点云，最后拟合出物体的表面。

关键词：激光三角法；三坐标测量机；表面测量

ABSTRACT

With the development of the science technique, the measurement technique of objects' three-dimension figure has developed rapidly. Three-dimension geometry sculpting technique has been applied to design of mould, scheme assessment, automatic manufacture and maintenance etc. It needs in science investigation and industry production to convert objects to 3D digital model on computer quickly sometimes. Recently there are lots of objects' three dimension figure measurements have been excogitated, the theory of laser triangulation is one of the optics measurements applied broadly. And the most widely used contact measuring device is CMM.

Laser triangulation method has many advantages, such as non-contact, not easy to damage the surface, wide adaptability of materials, simple structure, strong anti-interference ability, measure fast etc. The object must be contacted by contact CMM, so the surface will be damaged, and this measurement can't be used for the flexible object. The measure speed of CMM is slow and more steps to operate.

The measurement system in this thesis is the measurement system of laser triangulation integrated with CMM. Through CMM's precise mobile machine to scan the surface to obtain three-dimensional surface information of objects, the acquisition of image through the Matlab image processing to reconstruct surfaces in any directions.

The characteristics and innovations of this thesis are listed as follows:

1. After study of laser triangulation and CMM, design the measurement system of laser triangulation integrated with CMM. This system improve the efficiency of the measurement; expand the original measured object and range; retain the original characteristics anti-jamming, high precision and fast measurement etc; objects can be measured from multi-angle for clamping once.

2. The measurement interface is designed through Visual Basic software development tools, by calling functions of the camera and CMM's PC-DMIS measurement software to achieve the probe's movement and the image acquisition automatically to improve the efficiency of the measurement.
3. A novel corresponding calibration method is studied in this thesis. The relationship between world coordinates and the corresponding image coordinates is modeled as a three order polynomial. The geometrical relation of the system doesn't need to reduce and the system has taken into account the influence of lens aberration. The displacement in X, Y, Z directions can be calibrated at the same time, which makes up the lack in calibrating only the deep direction (Z direction) in many previous methods.

The primary contents in this thesis are listed as follows:

1. The background and purport of this thesis are expatiated. Contact measurement and non-contact measurement, especially the laser triangulation and CMM, and their development are also analyzed and compared.
2. After the study of laser triangulation and CMM, design the measurement system of laser triangulation integrated with CMM.
3. Using Visual Basic software development tools for the design of measurement interface, and obtain the image information through this measurement interface.
4. Some laser optical center coordinates obtained methods are analyzed and compared, and Matlab is used as image processing tool for image processing.
5. A novel corresponding calibration method is studied in this thesis, and the system is calibrated through this method.
6. Experiment through the measurement system, and reconstruction. The object's information are obtained through the system, then images are processed through Matlab to fit the surface of the object.

Key words: laser triangulation; CMM; surface measurement.

目 录	
第一章 绪 论	1
1.1 物体表面三维信息获取的研究发展状况	1
1.1.1 三维测量技术发展概述	1
1.1.2 目前主要的测量方法介绍	2
1.2 基于三坐标测量机的测量方法	5
1.2.1 坐标测量机的基本原理	6
1.2.2 坐标测量机的基本组成	6
1.2.3 坐标测量机的结构及特点	6
1.2.4 三坐标测量机优缺点	7
1.3 课题研究思路及组织结构	8
1.3.1 课题研究思路	8
1.3.2 论文的组织结构	8
1.4 本章小结	9
第二章 集成于三坐标测量机的激光三角法测量系统的结构设计	10
2.1 激光三角法的综述	10
2.1.1 激光三角法的研究发展现状	10
2.1.2 激光三角法的基本原理	11
2.2 测量系统的结构设计	14
2.2.1 测量系统的原理流程	14
2.2.2 测量系统的结构	15
2.2.1.1 三坐标测量机	17
2.2.1.2 激光发生器	17
2.2.1.3 摄像机	18
2.3 本章小结	19
第三章 软件测量系统的实现	20
3.1 三坐标测量机的 PC-DMIS 软件	20

3.2 数字摄像机的 Visual Basic 程序	21
3.2.1 摄像机的程序	21
3.2.2 Visual Basic	22
3.3 软件测量系统的实现	25
3.3.1 系统的整体介绍	25
3.3.2 软件测量系统的界面	25
3.3.3 系统的模块分析	29
3.3.3.1 摄像机控制模块	29
3.3.3.2 三坐标测量机控制模块	30
3.3.3.3 图像获取模块	32
3.4 本章小结	34
第四章 基于三坐标测量机的主动式激光三角测量	35
4.1 系统的标定	35
4.1.1 数学模型	36
4.1.2 标定的实验设计	37
4.1.3 激光条边缘点的检测	39
4.1.3.1 图像的预处理	39
4.1.3.2 图像的旋转	43
4.1.3.3 确定边缘点在旋转图像上的亚像素位置的算法	45
4.1.3.4 坐标的转换	48
4.1.4 标定结果与分析	49
4.2 一面测量	50
4.2.1 测量原理	50
4.2.2 一面测量	51
4.2.2.1 实物测量	51
4.2.2.2 图像处理	52
4.3 本章小结	56
第五章 总结与展望	58

参考文献	60
致 谢	63
攻读学位期间所取得的相关科研成果	64

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Review for the 3D Information Measuring Technology	1
1.1.1 3D Information Measuring Technology	1
1.1.2 Main measuring method	2
1.2 Measuring method of CMM	5
1.2.1 The basic principles of CMM	6
1.2.2 Fundamental component of CMM	6
1.2.3 Structure and characteristics of CMM.....	6
1.2.3 Advantages and disadvantages of CMM.....	7
1.3 Research ideas and Structure of the thesis	8
1.3.1 Research ideas of the thesis.....	8
1.3.2 Structure of the thesis	8
1.4 Chapter summary.....	9
Chapter 2 Structure design of measurement system.....	10
2.1 Survey on the Laser Triangulation	10
2.1.1 Development of Laser Triangulation.....	10
2.1.2 The basic principles of Laser Triangulation	11
2.2 Structure design of measurement system	14
2.2.1 The process of measurement system.....	14
2.2.2 The structure of measurement system.....	15
2.2.1.1 CMM	17
2.2.1.2 Laser.....	17
2.2.1.3 Camera	18
2.3 Chapter summary.....	19

Chapter 3 Measurement interface	20
3.1 Metrology software PC-DMIS of CMM	20
3.2 The Visual Basic program of camera	21
3.2.1 Program of the camera.	21
3.2.2 Visual Basic.	22
3.3 The measurement interface	25
3.3.1 Overall introduction of the system	25
3.3.2 The measurement interface	25
3.3.3 Analysis of system module	29
3.3.3.1 The camera control module	29
3.3.3.2 The CMM control module	30
3.3.3.3 Image acquisition module.	32
3.4 Chapter summary.	34
 Chapter 4 Active measurement of laser triangulation integrated with CMM.	 35
4.1 System calibration	35
4.1.1 Mathematical model	36
4.1.2 Calibration experiment	37
4.1.3 Edge points detecting	39
4.1.3.1 Image processing	39
4.1.3.2 Image rotation.	43
4.1.3.3 Algorithms for Subpixel Peak Detection	45
4.1.3.4 Coordinate conversion	48
4.1.4 Calibration results and analysis.	49
4.2 Surface measurement	50
4.2.1 Measurement principle	50
4.2.2 Surface measurement.	51
4.2.2.1 Object measurement.	51

4.2.2.2 Image processing	52
4.3 Chapter summary.....	56
Chapter 5 Conclusion and prospect	58
References	60
Acknowledgement	63
Paper	64

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库